

**УДК 625.02:625.851.063**

**Солодкий С.Й., д-р техн. наук, Сідун Ю.В., Волліс О.Є.**

### **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ НА ПРОЦЕС ТВЕРДІННЯ ЛИТОЇ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СУМІШІ**

**Анотація.** У статті наведені результати визначення швидкості формування тонкошарового покриття з литої емульсійно-мінеральної суміші в різних температурних режимах. Досліджено суміші на бітумних емульсіях, що виготовлені на основі дистиляційного та окисленого бітумів.

**Ключові слова:** лита емульсійно-мінеральна суміш, когезійна міцність, бітумна емульсія, температурний режим.

**УДК 625.02:625.851.063**

**Солодкий С.И., д-р техн. наук, Сидун Ю.В., Уоллис А.Е.**

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ПРОЦЕСС ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЛИТОЙ ЭМУЛЬСИЙНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты определения скорости формирования тонкослойного покрытия из литой эмульсионно-минеральной смеси в различных температурных режимах. Исследованы смеси на битумных эмульсиях, изготовленные на основе дистилляционного и окисленного битумов.

**Ключевые слова:** литая эмульсионно-минеральная смесь, когезионная прочность, битумная эмульсия, температурный режим.

**UDC 625.02:625.851.063**

**Solodkyi S.Yo., Dr. Tech. Sci. Sidun Yu.V., Vollis O.Ye.**

### **THE TEMPERATURE CONDITIONS INFLUENCE TO HARDENING PROCESS OF EMULSION-MINERAL MIXTURES**

**Abstract.** In the article there are presented the results of formation rate determination for thin coating performed by slurry surfacing system at different temperature modes. There were investigated mixes on bitumen emulsions produced on the base of distilled and oxidized bitumens.

**Keywords:** slurry surfacing, cohesive strength, bitumen emulsion, temperature modes.

## **Вступ**

Як свідчить світова практика, одним із найбільш економічних та індустріально-ефективних заходів запобігання і попередження передчасного руйнування дорожнього покриття є влаштування тонкошарових покриттів (ТП) на основі литих холодних емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС). Основним завданням влаштування ТП з ЛЕМС є продовження терміну служби існуючих покриттів в результаті герметизації волосяних тріщин і невеликих вибоїн, суттєвого підвищення шорсткості та зчіпних властивостей, рівності покриття, попередження тріщиноутворення, захисту від водонасичення, загалом – відновлення зношеного або збереження існуючого верхнього шару дорожнього покриття.

Дослідженням ЛЕМС присвячені роботи низки вітчизняних науковців [1-4], але залишається невідомим, якою мірою зміна температури навколишнього середовища протягом дорожнього сезону впливатиме на можливість виготовлення ЛЕМС з високою швидкістю набору когезійної міцності. Відомо, що ТП з ЛЕМС влаштовуються за температури + 5°C, якщо вона має тенденцію до підвищення і не влаштовуються, якщо температура повітря або покриття знижується до плюс 10°C та нижче і продовжує знижуватись [5]. Ще одним важливим погодно-кліматичним чинником, що потрібно враховувати в процесі виготовлення та твердіння ЛЕМС є вологість повітря. В праці [6] автори порівнюють вплив температури і вологості на швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС типу Slurry Seal та Micro-surfacing. Але залишається невідомим, як саме залежить швидкість формування ТП з ЛЕМС на основі дистиляційного та окисленого від температурного режиму приготування та укладання суміші. Тому метою досліджень було встановлення показників швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС на основі дистиляційного та окисленого бітумів за різних температурних режимів.

## **Основна частина**

Дослідження проводили за трьох температурних режимів: 10 °C (висока вологість), 20 °C (нормальна вологість), 30 °C (висока вологість). Визначення швидкості набру когезійної міцності ЛЕМС за різної температури відбувалось на бітумних емульсіях (табл.1) на основі дистиляційного бітуму Nybit E85 (БД 60/90) компанії Nupac (Швеція) та на окисленому БНД 60/90«Укртатнафта».

**Таблиця 1**– Рецепти не модифікованих бітумних емульсій

№ рецепту та бітум	Компоненти бітумних емульсій, мас.%			
	Бітум	Емульгатор Redicote E-11	НСІ у водній фазі до рівня рН	Вода
1. Nynas 100/150	62,0	1,1	2,5	до 100
2. БНД 60/90 «Укртатнафта»	62,0	1,1	2,5	до 100

Гранітний кам'яний матеріал з кар'єру ВАТ «Полонський гірничий комбінат» фракції 0-10 мм використали для підбору типу суміші 2 згідно з СОУ 42.1-37641918-119:2014 [7]. Встановлено, що показник метилену синього цього щебеню становить 10 мл, що відповідає нормам [7] (5-10 мл). Також для приготування ЛЕМС використали портландцемент ПЦ II/A-III-400 ПАТ «Миколаївцемент», регулятор розпаду (присадка) 10 %-й водний розчин емульгатора Redicote E-11, питну воду.

В табл. 2 та 3 наведено запроєктовані склади ЛЕМС за критерієм розпаду на основі використаних бітумів за різних температур.

**Таблиця 2** – Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду на бітумній емульсії № 1 залежно від температурного режиму

№ складу	Вміст компонентів ЛЕМС, г, понад 100 г кам'яного матеріалу				Час розпад $\geq 120$ с (тип 2)
	Цемент	Вода	Присадка	Бітумна емульсія №1	
T=10°C					
1.1	0,75	10	0,75	14	125
T=20°C					
1.2	1,0	10	1,25	14	121
T=30°C					
1.3	1,5	12	2,25	14	122

Аналіз даних табл.2 та 3 як на дистиляційному, так і на окисленому бітумах свідчить, що збільшення температури проведення випробування вимагає збільшення вмісту у складах цементу та присадки. Різниця у вмісті цементу за T=10°C та T=30°C складає 0,75 частини, присадки 1,25-1,5 частини. Також за T=30°C ЛЕМС потребує дещо більше води.

**Таблиця 3** – Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду на бітумній емульсії № 2 залежно від температурного режиму

№ складу	Вміст компонентів ЛЕМС, г, понад 100 г кам'яного матеріалу				Час розпад $\geq 120$ с (тип 2)
	Цемент	Вода	Присадка	Бітумна емульсія №2	
	T=10°C				
2.1	0,5	10	0,5	14	123
	T=20°C				
2.2	1,0	10	1,0	14	122
	T=30°C				
2.3	1,25	11	1,75	14	122

Швидкість формування ЛЕМС було запропоновано ділити на певні етапи з відповідними характеристиками міцності та часовими рамками (табл. 4).

**Таблиця 4** – Вимоги до швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС

Час для досягнення потрібної когезійної міцності, год	Характеристики міцності			Етапи формування
	Характер руйнування	Значення крутного момент, кг·см,	Границя міцності на зсув, МПа, не менше	
Не більше 0,5	«N»– Normal	12-13	0,26	Схоплювання
Не більше 1	«NS»– Normal Spin	20-21	0,42	Самоуцільнення (відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год)
-	«S» – Spin	23	0,48	Уцільнення
Не більше 4	«SS» – Solid Spin	26	0,55	*Затвердіння (відкриття руху без обмежень швидкості)
*Після даного етапу протікає етап остаточного набору когезійної міцності (Доуцільнення)				

ЛЕМС також класифікують на 5 класів за критерієм швидкості набору когезійної міцності відповідно до етапів схоплювання та самоуцільнення згідно з табл. 5, яка була розроблена на основі [7] з певними корективами.

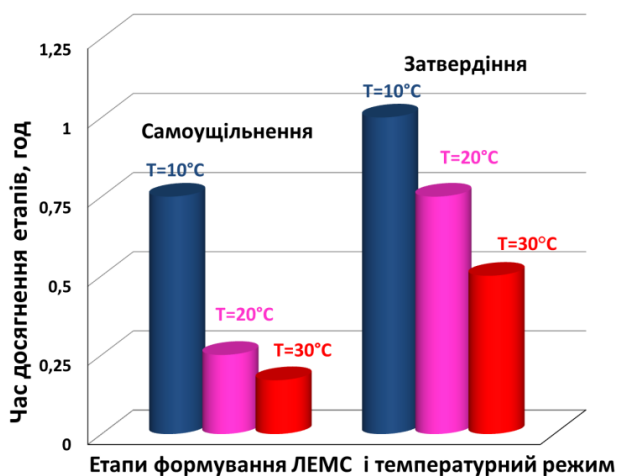
Вплив температурного режиму навколишнього середовища на показники швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС наведені в табл. 6 та на рис. 1.

**Таблиця 5** – Класифікація ЛЕМС за критерієм швидкості набору когезійної міцності

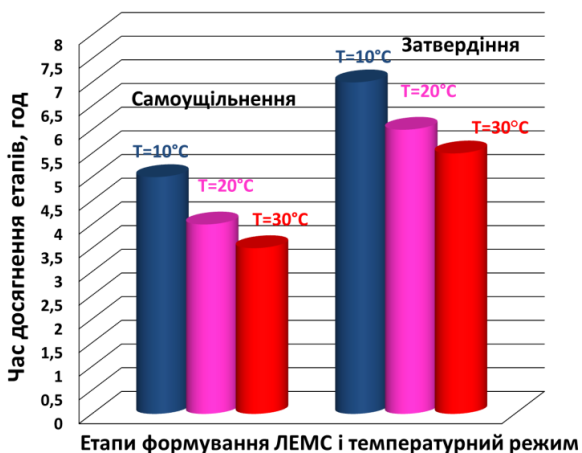
Клас суміші	Етапи формування	Час, в год (хв.), до досягнення границі міцності на зсув, $\tau$	
		0,26 МПа	0,42 МПа
1	Повільне схоплювання, повільне відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год (самоуцільнення)	більше 0,5(30)	більше 1(60)
2	Швидке схоплювання, повільне відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год (самоуцільнення)	не більше 0,5 (30)	більше 1 (60)
3	Фіктивне схоплювання, повільне відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год (самоуцільнення)	не більше 0,33 (20)	більше 1(60)
4	Швидке схоплювання, швидке відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год (самоуцільнення)	не більше 0,5 (30)	не більше 1(60)
5	Надшвидке схоплювання, надшвидке відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год (самоуцільнення)	не більше 0,33 (20)	не більше 0,75(45)

**Таблиця – 6** Швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС на основі бітумних емульсій з використанням окислених та дистиляційних бітумів за різних температур

Використаний бітум, температура твердіння	Показники швидкості набору когезійної міцності			
	Схоплювання, год	Самоуцільнення, год	Затвердіння, год	Клас суміші
1.1 Nybit E85, T=10°C	<0,75	0,75	1,0	5
1.2 Nybit E85, T=20°C	<0,25	0,25	0,75	
1.3 Nybit E85, T=30°C	<0,17	0,17	0,5	
2.1 БНД 60/90 «Укртатнафта», T=10°C	0,5	5,0	7,0	2
2.2 БНД 60/90 «Укртатнафта», T=20°C		4,0	6,0	
2.3 БНД 60/90 «Укртатнафта», T=30°C		3,5	5,5	



а)



б)

**Рисунок 1** – Час досягнення етапу самоуцільнення та затвердіння на бітумі NybitE85 та БНД 60/90 «Укртатнафта» за різних температурних режимів

На рис. 1 спостерігаємо, що зменшення температури навколишнього середовища знижує швидкість твердіння суміші. Це спричинено повільнішим випаровуванням та відділенням води з бітумної емульсії та суміші загалом. Хоча за високих температур ЛЕМС потребує більшої кількості присадки, що погіршує показники твердіння суміші. Але ця особливість не відіграє такої важливої ролі, як температура і вологість повітря в процесі твердіння ЛЕМС. Яскраво простежується повільне твердіння суміші за гранично низької температури влаштування ЛЕМС ( $T=10^{\circ}\text{C}$ ). Але використання дистиляційного бітуму в ЛЕМС дає змогу виготовляти суміш навіть за низьких температур та підвищеної вологості повітря без значних витрат часу на її твердіння. ЛЕМС на основі окисленого бітуму навіть за високої температури ( $T=30^{\circ}\text{C}$ ) не є ефективною за розвитком процесу формування ТП.

### **Висновок**

Встановлено, що дистиляційні бітуми мають низку переваг порівняно з окисленими для використання в ЛЕМС. Суміш на дистиляційних бітумах за температури  $20^{\circ}\text{C}$  та нормальної вологості повітря характеризується надшвидким схоплюванням ( $<0,25$  год), самоущільненням ( $0,25$  год) та затвердінням ( $0,75$  год), а на окислених – швидким схоплюванням ( $0,5$  год), повільним самоущільненням ( $4,0$  год) та затвердінням ( $6,0$  год). Використання дистиляційного бітуму дає змогу виготовляти якісну суміш під час всіх досліджених температурних режимів на противагу суміші на окисленому бітумі.

### **Література**

1. Островерхий О.Г. Проектування тонкошарових емульсійно-мінеральних покриттів дорожніх одягів : Автореф. дисертації на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.22.11 / О.Г. Островерхий / Нац. транспорт. ун-т. — К., 2002. — 16 с.
2. Кіщинський С.В., Кириченко Л.Ф., Бондар Н.А., Любченко Н.М. Моніторинг якості бітумів, які використовуються в Україні для дорожнього будівництва // Автошляховик України. - 2007. - № 6. - С. 24-26.
3. В.Я. Савенко, О.Г.Островерхий, В.І.Каськів. Влаштування тонкошарових покриттів на автомобільних дорогах державного значення // Автошляховик України. - 2007. - № 1. - С. 40-42.
4. Кіщинський С.В., Гончаренко Ю.Ф., Гнатюк Е.М. Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». // Дороги і мости: Збірник наукових праць.– К.: ДерждорНДІ, 2008. – Випуск 10.
5. ВБН В.2.3-218-175-2002 «Влаштування тонкошарових покриттів з литих емульсійно-мінеральних та холодних асфальтобетонних сумішей» – Київ:Укравтодор. 2002.
6. Г. Холлеран, И. Мотина. Современные технологии содержания дорожных покрытий. Дорожная техника. Вып. 2. 2005. с. 18-28.
7. СОУ 42.1-37641918-119:2014. Суміші литі емульсійно-мінеральні Технічні умови. - Київ:Укравтодор.2014.

### **Рецензенти:**

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.  
Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

### **Reviewers:**

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.  
Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: 27.02.2017 р.